

Aspectos a Serem Melhorados nas Características e Homogeneidade de Argilas Vermelhas Empregadas na Fabricação de Placas Cerâmicas

E. Sanchez, J. García, F. Ginés e F. Negre

Instituto de Tecnología Cerámica (ITC)

Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE)

Universidad Jaume I, Castellón, Espanha

Resumo: A eficiência do processo produtivo e a qualidade dos produtos cerâmicos depende fundamentalmente da uniformidade e constância das matérias-primas. Este trabalho apresenta inicialmente uma revisão das características técnicas desejáveis e dos problemas encontrados para se alcançar essas características, para placas cerâmicas de base vermelha. A seguir são apresentadas técnicas que visam melhorar as características e homogeneidade das argilas vermelhas utilizadas na fabricação desses produtos.

Palavras-chaves: *revestimentos cerâmicos, argilas, homogeneidade*

Introdução

A fabricação de placas cerâmicas vidradas tem um grande interesse sócio-econômico na Comunidade Valenciana, onde está concentrada mais de 90% da produção espanhola. Esta produção é da ordem de 300 milhões de m²/ano, sendo que as exportações estão por volta de 50%, principalmente para os países da Comunidade Européia, Ásia e Estados Unidos.

Em geral, as placas cerâmicas se classificam em pavimentos e revestimentos, segundo o modo que irão ser empregadas, no chão ou em paredes. Outro tipo de classificação normalmente empregada é a de placas cerâmicas de queima branca ou vermelha, de acordo com a cor que apresentar após a queima.

Na Espanha se fabricam peças de pavimento e revestimento vidradas de base branca ou vermelha. A maior porcentagem da produção corresponde a peças de base vermelha, devido, entre outras razões, a existência de jazidas de argilas vermelhas naturais com características adequadas muito próximas a área de maior concentração industrial. A produção de placas cerâmicas com base vermelha está em torno de 90% do total.

Para a fabricação de pavimentos e revestimentos de massa vermelha, são utilizadas argilas vermelhas naturais das províncias de Castellón, Valência e Teruel, com pequenas adições de outros componentes como peças cruas

e queimadas da mesma produção depois de uma reciclagem, areia, etc.¹⁻⁵.

As características das composições utilizadas para fabricar placas cerâmicas estão desenvolvendo-se com o tempo devido as mudanças tecnológicas do processo de fabricação. Dessa forma, ao longo dos últimos 30 anos, estas mudanças adaptaram-se sucessivamente a ciclos de queima rápida (biqueima) e a fabricação com a queima simultânea do esmalte e da base (monoqueima)⁵.

O consumo de argilas vermelhas na Espanha vem aumentando de maneira considerável nos últimos sete anos. Na atualidade, a produção diária de pavimentos e revestimentos é de aproximadamente 450.000 e 550.000 m² respectivamente. Supondo-se um consumo de argila de 16 Kg/m² para o revestimento e de 20 Kg/m² para o pavimento, o consumo atual se situa acima de 5.000.000 toneladas/ano, valor que contrasta significativamente o valor de apenas 3.500.000 toneladas de argilas vermelhas extraídas ao longo do ano de 1988⁶. Apesar deste consumo crescente, não foi realizado um estudo detalhado das reservas existentes ou das possíveis matérias primas alternativas às atuais.

Por outro lado, o mercado é cada dia mais exigente no que diz respeito à qualidade das placas cerâmicas, sendo necessário utilizar matérias primas com maior uniformidade e grau de elaboração. Estas principais necessidades não são levadas em conjunto, salvo em raras exceções, e

uma melhora significativa na racionalização das explorações e dos procedimentos utilizados para o controle e a homogeneização das argilas é necessária.

Características Técnicas das Composições Utilizadas

Processos empregados para a fabricação de pavimentos e revestimentos cerâmicos

Na Fig. 1 estão esquematizados os procedimentos mais habituais para a fabricação de pavimentos e revestimentos cerâmicos vidrados de massa vermelha.

Observando esta figura, para a confecção de placas cerâmicas se utiliza exclusivamente a prensagem, devido a alta estabilidade dimensional exigida do produto final. Quando a mistura de matérias primas é moída por via seca, a queima da base e do esmalte se realiza geralmente de forma independente, utilizando-se o processo de biqueima. A razão do emprego deste processo se deve, por um lado, a dificuldade de preencher os moldes da prensa com o pó obtido da moagem e posterior aglomeração e, por outro lado, as possíveis interações entre as impurezas de maior tamanho existentes na base (fundamentalmente CaCO_3) e na cobertura de esmalte, as quais podem originar inúmeros defeitos na superfície vidrada^{7,8}. Por outro lado, se a moagem for realizada por via úmida, a queima da base e do esmalte pode realizar-se de forma independente (biqueima) ou conjunta (monoqueima). No primeiro caso a queima da base pode ser realizada usando-se ciclos tradicionais de queima (forno túnel) ou ciclos rápidos (forno a rolo), apesar que a queima do esmalte se realiza principalmente em fornos a rolo. No segundo caso, que supõe-se ser 70% da produção total de placas cerâmicas, a queima se realiza integralmente em fornos a rolo e com ciclos rápidos de queima.

No caso de placas cerâmicas para pavimentos, o método comum de preparação do pó é por via úmida, já que o pó aglomerado resultante é mais adequado para a correta realização da etapa posterior de prensagem^{9,10}. A extrusão, como método de conformação, é pouco empregada devido aos problemas de estabilidade dimensional que podem surgir como consequência da elevada contração de secagem da peças. No entanto, quando este método é utilizado, as matérias primas são moídas via seca, sendo utilizado esmaltes de acabamento mais rústico. Em todos os casos a base e o esmalte são queimados simultaneamente, devido a problemas ocasionados na esmaltação de uma peça pouco porosa. Na atualidade mais de 80% da produção total de pavimentos gresificados são feitas empregando-se pó atomizado e ciclos rápidos de queima.

Características da misturas de matérias-primas empregadas

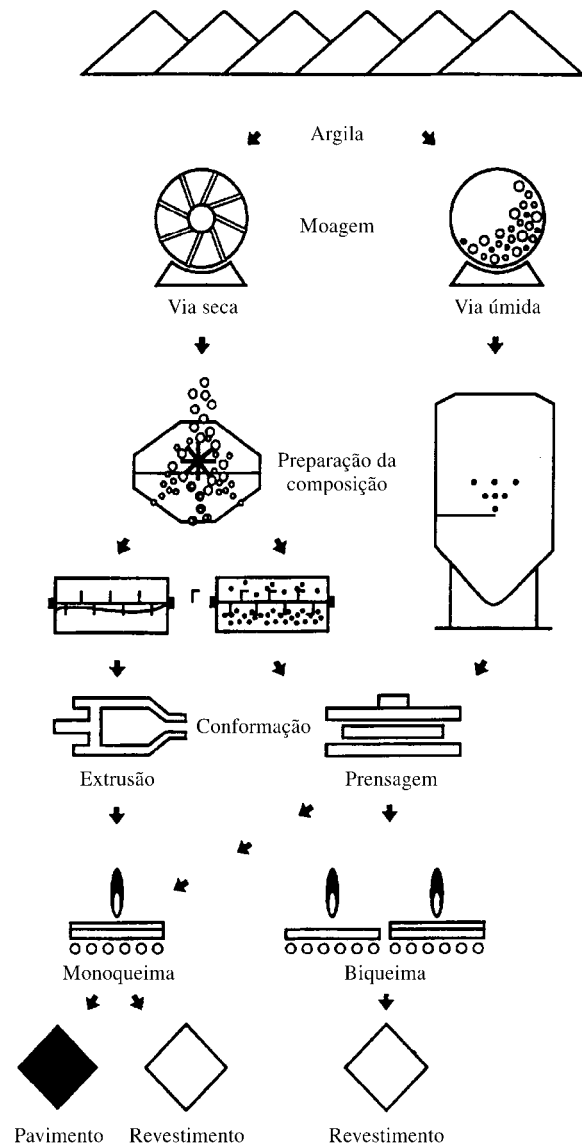


Figura 1. Esquema de fabricação de pavimentos e revestimentos cerâmicos vidrados de massa vermelha.

Revestimento poroso

Em geral, as placas cerâmicas para revestimento são produtos de que se exige grande estabilidade dimensional, a qual é conseguida mediante o uso de uma composição que proporcione baixa retração após queima e, portanto, uma alta porosidade. Este último fato facilita também a colocação das peças.

Por outro lado, a peça porosa é muito acessível à água, hidratando-se as fases amorfas e vítreas presentes, causando um aumento de tamanho da peça queimada,

podendo originar curvaturas ou gretamentos no vidro. Por isso, é necessário que as peças queimadas apresentem uma elevada proporção de fases cristalinas e pequena quantidade de fases amorfas.

A estabilidade dimensional e as fases presentes junto com a alta porosidade, é conseguida normalmente com a introdução de carbonatos de cálcio e magnésio na composição (em proporções entre 10 e 15%)¹¹. Os óxidos de cálcio e magnésio reagem com as fases amorfas provenientes dos minerais argilosos para formar sílico-aluminatos de cálcio e magnésio estáveis frente a ação da umidade.

Na Fig. 2 está representado o diagrama de queima para este tipo de composições. Pode-se observar como na zona de trabalho (1080 - 1110 °C) as variações na temperatura de queima influem pouco no tamanho das peças (uma modificação de 10 °C na temperatura representa em uma variação de retração de queima de 0.05 a 0.10%).

A baixa retração de queima assim como a pequena variação deste parâmetro com a temperatura é conseguida com a introdução de carbonato cálcico e matérias primas não-plásticas inertes que, além de melhorar a compactação das peças, diminuem a velocidade de sinterização.

Por último, a composição deve conter uma adequada proporção de minerais argilosos fundentes para proporcionar a fase vítrea necessária e obter, deste modo, a resistência mecânica na queima requerida para o produto.

Para conseguir as características anteriormente citadas é utilizada normalmente uma mistura de argilas naturais com alta quantidade de ferro, de diferentes plasticidades e com proporções de quartzo e carbonato de cálcio variáveis, até que se consiga as propriedades desejadas. A seguir estão detalhadas as matérias primas habitualmente utilizadas, assim como algumas de suas características mais importantes.

Em certas ocasiões se utilizam pequenas proporções de areias, “borras” e chamotes procedentes do próprio processo, para reduzir a retração de queima.

Pavimento Gresificado

Argila	Quantidade de Carbonatos	Quartzo	Plasticidade
Araya	+++	+	+
Sichar	+	+	+
Mas Vell	+	+++	+
Bugarra	+	-	+++
Chulilla	+	+	+
Geldo	+	-	+++
Galve	-	+	+
Villar	-	+	+
Moró	-	+++	-

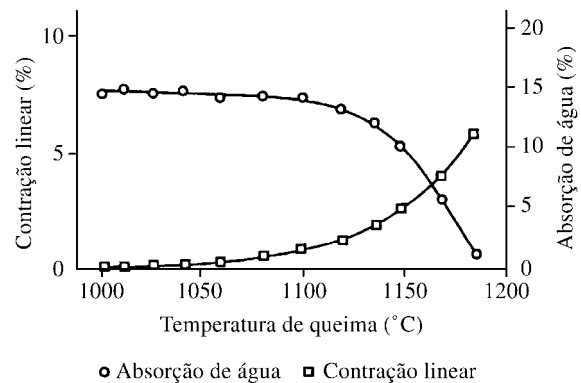


Figura 2. Diagrama de Queima típico de uma composição de revestimento poroso.

Os produtos de pavimento gresificados se caracterizam por uma alta resistência mecânica e, em certas solicitações, por um bom comportamento em relação ao frio. Estas propriedades se conseguem mediante a introdução de matérias primas contendo óxidos alcalinos (Na₂O e principalmente K₂O) que, como consequência da formação de uma grande proporção de fase vítrea, reduz a porosidade da peça^{12,13}. Por outro lado, a presença de óxidos alcalinos terrosos (CaO e MgO) normalmente reduz o intervalo de queima e aumenta as deformações que podem acontecer nesta etapa do processo. Por isso, as argilas com uma quantidade de carbonato cálcico superior a 5% não são consideradas aptas para seu emprego neste tipo de composição.

Na Fig. 3, está representado o diagrama de queima característico de uma destas composições. Se pode observar como na zona de trabalho (absorção de água = 4 - 5%), uma modificação na temperatura de queima de 10 °C, representa uma variação da retração de queima de 0.35 a 0.45%¹⁴.

Para obter uma baixa absorção de água é necessário que a peça retraia. Esta alta retração de queima pode ocasionar falta de estabilidade dimensional (calibres e fora de esquadro), um dos principais problemas na fabricação de pavimentos gresificados. As variações de compactação nas peças prensadas também influem fortemente sobre o tamanho final do produto. Deste modo, uma variação da densidade aparente a seco de 0.05 g/cm³ (equivalente a uma modificação de 2% da umidade do pó atomizado ou a 50 Kgf/cm² na pressão de prensagem), afeta a retração de queima em 0.4 a 0.5%, isto é, da ordem de 4 a 5 vezes mais que as composições de revestimentos porosos.

Como consequência, deve-se empregar misturas de matérias primas (argilas) com adequada distribuição de tamanhos de partícula e baixa perda ao fogo, que permitam obter uma elevada compactação na peça prensada. Desta maneira será possível minimizar a retração de queima ne-

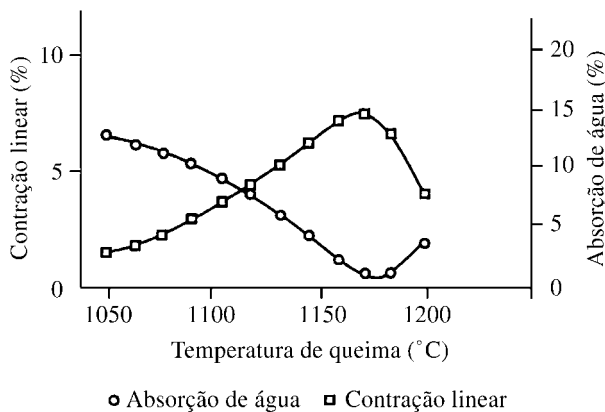


Figura 3. Diagrama de Queima típico de uma composição de pavimento gresificado.

cessária para obter a porosidade desejada no produto queimado e, portanto, reduzir o risco do surgimento de desuniformidades nas dimensões finais, devido a variações de densidade aparente a seco e/ou temperatura de queima.

Nas composições utilizadas para a fabricação de pavimento gresificado com massa vermelha, utiliza-se uma mistura de argilas vermelhas naturais de diferentes quantidades de quartzo e com apenas carbonatos (3% de CaCO_3), com o objetivo de alcançar o máximo grau de compactação ao invés de uma plasticidade adequada.

A seguir estão detalhadas as argilas mais empregadas, assim como algumas de suas características mais importantes.

Problemas Atuais no Consumo de Argilas Vermelhas para a Fabricação de Placas Cerâmicas

São dois os problemas relacionados com as matérias primas que atualmente exercem maior influência nas

Argila	Plasticidade	Quantidade de Quartzo
Villar plástica	+++	+
Villar arenosa	+	+++
Galve	+	+
Moró	-	+++

características das composições empregadas na fabricação de pavimentos e revestimentos: a falta de homogeneidade, normalmente devida a falta de constância nas propriedades das argilas, e a presença de impurezas não desejadas^{6,8}.

Falta de Homogeneidade na Características da Composição

As propriedades das argilas vermelhas empregadas na fabricação de placas cerâmicas apresentam grandes variações, motivadas fundamentalmente por:

- As próprias características das jazidas, como por exemplo, as argilas das jazidas situadas em Villar ou Mas Vell, onde existem camadas estreitas de argilas de diferentes composições, que também se encontram alternadas com outras de areia.
- O procedimento de exploração, que normalmente não existe na maioria dos canteiros um plano de trabalho, devido a exploração ser normalmente função da demanda. Como consequência disso, não se realiza a mistura simultânea das camadas de características diferentes nem uma separação de diferentes quantidades de argila, assim mesmo em alguns canteiros não existe nenhum controle, além do visual, das características das diferentes camadas ou frentes de exploração.
- As camadas de argila podem ir evoluindo em suas propriedades com o tempo de consumo, ou também empreender a exploração em outras zonas de uma mesma mina ou em novas jazidas.

Como consequência, a variabilidade nas propriedades das argilas, sem uma mistura adequada, produzirá mudanças contínuas na produção. Assim mesmo, apesar de dispor de um sistema de homogeneização, podem ser produzidas outras variações mais progressivas ao longo do tempo, que poderiam conduzir a uma evolução nos valores das variáveis do processo fora dos limites estabelecidos.

Descrição do sistema atual de homogeneização

Na Fig. 4 está descrito um esquema do processo que atualmente é o mais empregado para a homogeneização de argilas vermelhas antes de seu consumo. Como se pode observar, as argilas extraídas de diferentes frentes de exploração podem sofrer um primeiro processo de trituração e homogeneização na própria jazida (como o caso das argilas de Moró, Galve e algumas explorações de Villar-Higueruelas) ou diretamente ser transportada ao centro de consumo. Uma vez na fábrica, a argila é submetida ao processo de homogeneização propriamente dito.

O sistema de homogeneização que se utiliza quase exclusivamente é o denominado de empilhamento por camadas lineares¹⁵⁻¹⁷ (Fig. 4). Como pode ser observado, este sistema consiste na formação de estratos paralelos de argila mais ou menos profundos e uniformes. Para sua elaboração se emprega normalmente uma pá escavadeira.

A efetividade destes sistemas surgem ao observar-se as representações da Fig. 5, em que se recorrem os resultados correspondentes a uma mostra mensal realizada em empresas do setor de placas cerâmicas. Neste estudo foi determinado a variação anual do coeficiente de dilatação. A primeira empresa (A) não dispunha de sistemas de homogeneização, ainda que

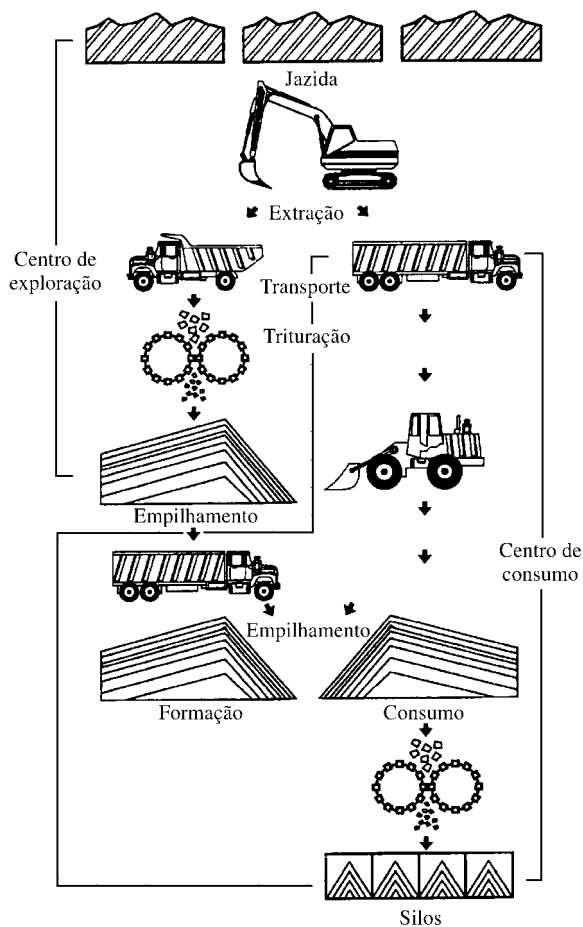


Figura 4. Sistema atual de homogeneização das argilas vermelhas empregadas na fabricação de placas cerâmicas.

a segunda delas (empresa B) o empilhamento realizado era similar ao descrito anteriormente. Pode ser observado nesta figura que as oscilações da variável (coeficiente de dilatação) são sensivelmente controladas com a introdução do sistema de homogeneização.

Duas são as precauções que devem ser tomadas para garantir a efetividade de qualquer sistema de homogeneização. Em primeiro lugar deve-se determinar as características da argila durante o empilhamento e, conseqüentemente, do material armazenado, com o objetivo de proceder, se for necessário, à reformulação da composição por eventuais desvios com relação às variáveis pré-fixadas. Em segundo lugar, deve-se considerar como será a criação do empilhamento e o seu consumo, sendo que estas operações são independentes e nunca deverão estar simultaneamente na mesma região. Na indústria cerâmica é prática habitual a utilização dos empilhamentos, um em fase de formação e outro para consumo (Fig. 4).

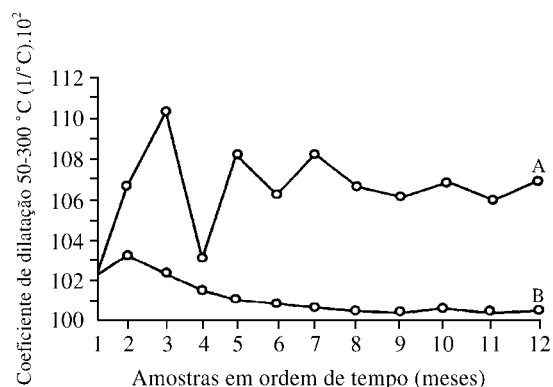


Figura 5. Variação do coeficiente de dilatação de amostras (médias de 1 mês de produção) de pós-atomizados ao longo de 1 ano para duas empresas (A e B). A primeira delas (A) não dispõe de sistema de homogeneização de argilas e a segunda (B) o habitual empregado atualmente no setor de placas cerâmicas.

Deficiências Observadas no sistema atual de homogeneização

Apesar das melhoras observadas nas características do produto acabado devido a introdução dos sistemas de homogeneização, atualmente alguns dos defeitos de fabricação são parcialmente atribuídos a variação nas misturas das matérias primas empregadas. Isto se deve, por um lado, a maior qualidade exigida às placas cerâmicas, e por outro, a maior complexidade do produto fabricado (aumento de tamanhos, redução de espessuras e maior diversidade de decorações). O que foi anteriormente discutido é devido a necessidade de reduzir os intervalos de variabilidade das características das matérias primas até certos limites, e em alguns casos, difíceis de se obter com os sistemas de homogeneização e controle existentes na atualidade.

O sistema de homogeneização atual (Fig. 4) não está isento de certas irregularidades, as quais estão baseadas em um deficiente controle das remessas de argila durante a formação do monte e um insuficiente grau de mistura para obter uma mistura homogênea. Assim, por exemplo, em uma empresa de tamanho médio descarrega-se diariamente cerca de 50 caminhões, quase sempre em intervalos de tempo reduzidos. Este fato dificulta extremamente a realização de um mínimo controle destes fornecimentos devendo-se proceder, na maioria dos casos, a realização de amostras das várias remessas, revelando-se um controle insuficiente do material que se está armazenando.

No que se refere ao grau de mistura que se obtêm nos sistemas de armazenamento atuais, este é considerado em todas as análises insuficiente, sobretudo com a exigência de menor variabilidade das composições a empregar. De acordo com a teoria de mistura de sólidos em camadas, é possível aplicar a seguinte equação es-

tatística para o sistema de armazenamento atualmente empregado^{15,18}:

$$S_{\bar{X}}^2 = S_E^2 \cdot \frac{1}{n} \quad (1)$$

Sendo:

$S_{\bar{X}}^2$ = variância ou dispersão dos parâmetros médios da argila de todas as camadas do armazenamento

S_E^2 = variância dos parâmetros da argila empregada na formação do armazenamento

n = número de camadas do armazenamento

admitindo um consumo representativo de todas as camadas do armazenamento (o qual nem sempre se consegue com os sistemas atuais) se pode considerar que:

$$S_{\bar{X}}^2 = S_A^2 \quad (2)$$

Sendo:

S_A^2 = variância dos parâmetros da argila consumida do armazenamento.

De (1) e (2) é possível deduzir os grau de mistura (e) segundo a seguinte equação:

Como pode comprovar-se da Equação (3), o grau de mistura é unicamente dependente do número de camadas de armazenamento¹⁸. O valor de n recomendado para a

$$e = \frac{S_E}{S_A} = \sqrt{\frac{S_E}{S_A \cdot 1/n}} = \sqrt{n} \quad (3)$$

obtenção de um grau adequado de mistura é o compreendido entre 50 e 500.

O sistema de homogeneização empregado atualmente é realizado utilizando-se caminhões para o transporte e descarga da argila no empilhamento de matéria prima em formação, sendo esta posteriormente repartida, de forma mais ou menos homogênea, por uma pá escavadeira. As máquinas utilizadas limitam extremamente o número de camadas que podem compor o empilhamento, oscilando atualmente em torno de 8 a 10 camadas para montes que em alguns casos alcançam as 50.000 toneladas.

Desta maneira é possível deduzir a enorme incidência que poderia ter, sobre as características da composição, o emprego de remessas de argila com características fora dos limites estabelecidos como aceitáveis para o bom funcionamento do processo de fabricação. Assim, para um monte médio de 10.000 toneladas que constituído por 10 camadas (1000 t/camada), a influência de somente um dia de fornecimento de argila (500 t) cujas especificações não foram adequadas, poderia ter repercussões muito negativas sobre as características da composição resultante e, como em muitas ocasiões ocorre, se procede um consumo direto do empilhamento.

Em algumas empresas, tal como descrito na (Fig. 4), existe uma posterior etapa de mistura da argila empilhada

previamente para consumo. Para isto, uma fração do empilhamento é misturada de forma mais ou menos uniforme e, posteriormente, armazenada em silos ou superfícies adequadamente acondicionadas. A efetividade deste sistema é determinada fundamentalmente pela intensidade da mistura efetuada, assim como pelas características do local de armazenamento empregado. Em qualquer caso se supõe um movimento e transporte adicional da argila empilhada, o que complica, e ao mesmo tempo encarece, o processo de preparação da composição.

Finalmente, o outro aspecto a melhorar no sistema de homogeneização atual é o que se refere a constância das características das argilas nos diferentes empilhamentos. Como se tem colocado ao longo deste trabalho, as características das argilas vermelhas podem evoluir com o tempo, devido a mudanças nas frentes de exploração ou também, como frequentemente ocorre, pela abertura de novas jazidas que a princípio é do mesmo tipo de argila. Portanto, independentemente do sistema de homogeneização empregado, as características de um empilhamento necessariamente não tem que coincidir com as dos seguintes. Para minimizar este problema, poderiam existir duas linhas de atuação:

a) Nas jazidas ou centros de exploração.

Deveriam ser definidas as qualidades a fornecer e adaptar no plano de trabalho com o objetivo de manter as características das diferentes argilas nos limites estabelecidos. Trataria-se portanto de extrair e comercializar misturas de argilas segundo as especificações estabelecidas entre o cliente e o fornecedor. Obviamente para aquelas argilas que são extraídas em centros de exploração muito dispersos deveriam acondicionar espaços para empilhamentos comuns às diferentes jazidas.

b) Nas Fábricas ou Centros de Consumo.

Deveriam ser incorporados métodos de controle rápidos e simples que permitissem determinar as características da argila durante o empilhamento com o objetivo de desprezar as remessas que estiverem fora dos limites de tolerância estabelecidos ou modificar-los mediante a incorporação de argilas corretoras. Em consequência, este procedimento necessita dispor de empilhamentos alternativos de argilas de características sensivelmente distintas as empregadas na composição, com o objetivo de corrigir os desvios detectados.

Na Fig. 6 se descreve, de forma esquemática, o procedimento que deveria ser realizado para a obtenção de composições ou misturas de argilas de características constantes com o tempo.

Impurezas Presentes nas Argilas

As impurezas existentes nas argilas vermelhas podem ser classificadas em dois grupos: as que afetam toda a massa de argila e as de caráter puntual^{6,8}.

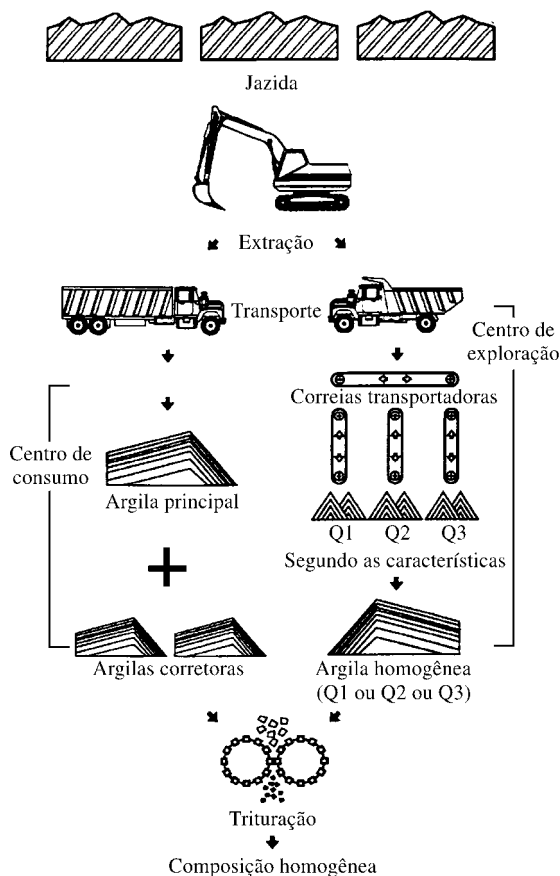


Figura 6. Esquema do Procedimento a ser seguido para a obtenção de composições de argila vermelha de características constantes com o tempo.

Entre as primeiras, as mais habituais são as de sais solúveis e matéria orgânica. Ainda que não é frequente a aparição de defeitos de fabricação associados a presença de sais solúveis, em certos casos, e quando a quantidade de íons de caráter floculante como Ca^{2+} é apreciável (0.1%), podem dar lugar a um coeficiente de deflocação da suspensão, não permitindo alcançar as densidades habituais de trabalho. Por outro lado, a matéria orgânica pode originar defeitos importantes durante o processo de fabricação, sobretudo quando se emprega ciclos de queima rápidos. Por ser um redutor enérgico, não permite a oxidação dos óxidos de ferro presentes, chegando a produzir deformações nas peças queimadas e, em alguns casos, furos que deterioram as características da superfície vidrada¹⁹.

Dentro deste conjunto de impurezas, em composições empregadas na fabricação de pavimento gresificado pode ser incluído o carbonato de cálcio. Ainda que esta impureza não produza defeitos pontuais quando o tamanho de partícula é reduzido (100 μm), se diminui o intervalo

de queima e aumenta a deformação piropelástica das peças queimadas^{20,21}.

Enquanto as impurezas de caráter puntual que se apresentam nas argilas, estas podem vir de um amplo espectro de compostos. Entretanto, as mais frequentes são: calcita, dolomita, pirita, carvão e micas. Nas argilas habitualmente utilizadas, as partículas de calcita de tamanho elevado (100 μm) são as impurezas mais comuns, podendo surgir como partículas bem cristalizadas e que ficam sem reagir durante a queima. Estas partículas podem originar diferentes tipos de defeitos. Assim, na monoqueima podem surgir furos por decomposições ou pela reação entre o esmalte e o óxido de cálcio. Por outro lado, na biqueima, se o tamanho de partícula é grande, o óxido de cálcio que não reagiu pode ser hidratado (com um apreciável aumento de volume) e se decompor durante a segunda queima, surgindo defeitos na superfície do vidrado.

Uma impureza comum nas composições empregadas na fabricação de revestimento poroso por monoqueima é a biotita. Seu caráter laminar dificulta a eliminação durante o peneiramento, podendo originar defeitos em determinadas superfícies vidradas muito brilhantes se seu tamanho é excessivamente grande ou se a espessura do vidrado empregado é muito pequena. Na Fig. 7 pode-se observar a fotografia de um defeito típico produzido por partículas de biotita. Como se pode ver, durante a queima surge um tipo de furo característico na superfície do vidrado, como consequência da diferente reatividade entre este tipo de partícula e a matriz vitrocristalina que a rodeia.

Na Tabela 1 estão resumidas as impurezas mais comuns nas argilas vermelhas, assim como a proporção máxima recomendada no caso daquelas que afetam a massa total de argila.

Possíveis Soluções para os Atuais Problemas

O que foi anteriormente discutido evidencia que, se houve melhora da homogeneização das argilas nos últimos anos, o consumo de argilas vermelhas no setor de argilas vermelhas não se encontra em ótima situação. Em diversos

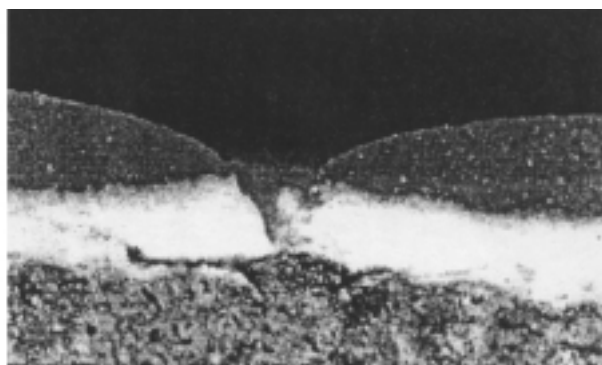


Figura 7. Fotografia de um defeito de partículas de biotita em peças de revestimento poroso.

Tabela 1. Impurezas comuns nas argilas vermelhas empregadas na fabricação de placas cerâmicas.

Impurezas que afetam a massa de argila	% máxima aconselhavel	
	Pavimento gresificado	Revestimento poroso
Sais solúveis (Ca ²⁺ , SO ₄ ²⁻)	> 0.1	> 0.1
Matéria orgânica	> 0.1	> 0.2
CaCO ₃	> 3	não é impureza
caráter puntual	Calcita,dolomita,pirita,carbono e biotita	

estudos realizados em escala industrial foi constatado que a falta de homogeneidade nas argilas é ainda uma causa importante para o surgimento de determinados defeitos de fabricação, como a falta de estabilidade dimensional (fora de esquadro, calibres, curvaturas) e a dispersão de tonalidades^{11,22,23}.

Por outro lado, o rápido crescimento do consumo de argilas vermelhas decorre, logicamente em uma redução das reservas existentes, surgindo a necessidade de se possuir argilas alternativas. Leva-se em conta a grande duração do processo necessário para colocar em funcionamento uma nova exploração; se pode concluir que a localização de novas argilas é, infelizmente, um problema atual.

Em consequência, as linhas de atuação a serem implantadas com o objetivo de solucionar os problemas anteriormente expostos devem ser agrupadas da seguinte forma:

Diminuição da variação nas características das matérias primas

A diminuição da variação das características das matérias primas deve ser observada sobre dois pontos de vista: melhora do sistema de homogeneização atual e manutenção das características das composições ou misturas de matérias primas empregadas.

No primeiro dos dois casos deve ser considerado o emprego de um sistema onde seja utilizado um maior número de camadas durante o empilhamento (n 50), com o objetivo de aumentar o grau de mistura (Equação 3) e, portanto, melhorar a homogeneidade do material recolhido. Existem infinitudes de sistemas de empilhamento de sólidos que poderiam ser adaptados ao processo de homogeneização de argilas vermelhas. Alguns desses sistemas estão sendo empregados com êxito em outros setores industriais como mineração, cimentos e carvão e, em cerâmica, no tratamento das argilas utilizadas na fabricação de placas cerâmicas de massa branca^{15,18,24,25}.

Na Fig. 8 está descrito um esquema de um destes sistemas de homogeneização empregado na indústria de cimentos.

Obviamente os esforços empregados em sistemas de homogeneização mais sofisticados que os atuais não serão totalmente recompensados se não forem estabelecidos métodos de controle que permitam determinar as características do material que se está recolhendo.

Desta maneira se poderiam corrigir os eventuais desvios nos valores de suas propriedades com respeito a parâmetros previamente estabelecidos. Estes sistemas de controle deverão ser implantados no lugar onde está o sistema de armazenamento, na zona de exploração ou no centro de consumo, segundo o que foi indicado anteriormente (sub-item Deficiências Observadas no sistema atual de homogeneização). Na Fig. 9 está detalhado o esquema do que deveria ser o processo de extração e homogeneização das argilas com a intenção de obter misturas de matérias primas de características constantes no tempo. Como se pode observar nesta figura, o movimento de grandes quantidades de argila se dá no centro de exploração, que se encontra em total sintonia com a redução do impacto ambiental que foi ocasionado na instalação dos parques de armazenamento nas empresas de preparação do pó atomizado. As quantidades armazenadas no centro de consumo unicamente deveriam corresponder ao mínimo tempo necessário para garantir uma adequada gestão da produção.

Busca de matérias primas alternativas

Nos últimos anos tem-se produzido um crescente interesse na busca de novas argilas para a fabricação de placas cerâmicas motivado por diferentes acontecimentos na produção nacional de pavimentos e revestimentos, devido as argilas que são mais utilizadas (como o caso das argilas Villar e Moró) terem suas reservas diminuídas (pelo menos as mais economicamente exploráveis) de forma sensível. Em segundo lugar, não somente se tem aumentado a produção, mas também as exigências de qualidade são cada vez maiores, o que implica a necessidade de matérias primas de melhores características. Finalmente, os fortes avanços tecnológicos que o setor vem passando nos últimos

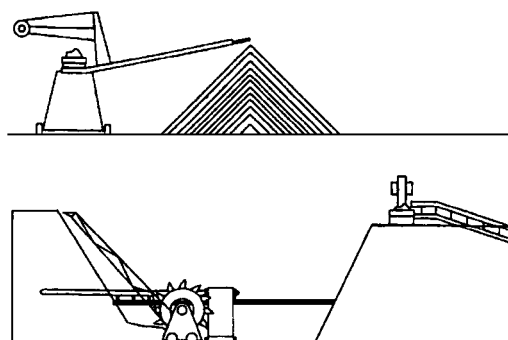


Figura 8. Parque de armazenamento com um empilhamento em formação e outro em consumo.

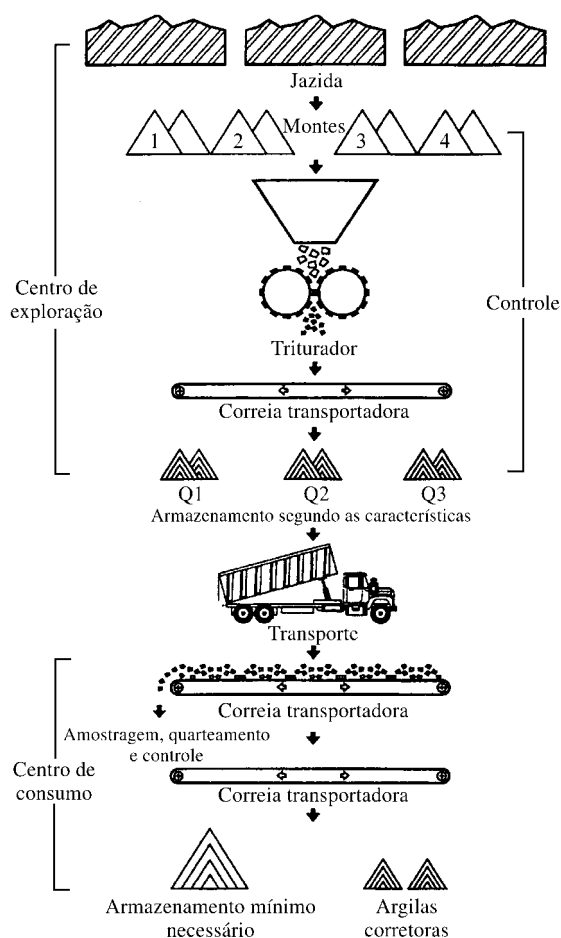


Figura 9. Diagrama de fluxo do processo usado para a obtenção de argilas homogêneas de características constantes através do tempo.

anos tem motivado a necessidade de matérias primas que sejam capazes de adaptar-se às exigências de um processo cada vez mais automatizado e restritivo. Como exemplo disto, basta dizer que a obtenção de uma alta compactação na peça prensada não se encontra limitada na maioria dos casos pelo tipo de prensas hidráulicas utilizadas (atualmente para grandes formatos é possível obter-se peças com pressões superiores a 500 Kgf/cm²), e sim pela quantidade de matéria orgânica da composição.

Do que foi anteriormente exposto pode-se concluir que existe a necessidade de localizar novas jazidas de argilas que sejam capazes de substituir as que atualmente são consumidas em maior proporção (Villar, Moró, Mas Vell, etc.), e também melhorar algumas características das composições empregadas. Como resumo, na Tabela 2 estão detalhadas as descrições técnicas de possíveis argilas alternativas às consumidas atualmente, com o objetivo de facilitar a investigação de novas jazidas.

Referências Bibliográficas

1.

Tabela 2. Guia para a pesquisa de novas argilas para a fabricação de placas cerâmicas.

Tipo de Produto	Tipo de Argila	Características mais destacáveis da argila
Pavimento gresificado	1	Elevada compactação (adequada DTP*) Mínima quantidade de CaCO ₃ (0.5%) e matéria orgânica (0.05%). Mineral argiloso com certo caráter caulínítico. Plasticidade intermediária (IP** = 10-20%)
	2	Elevada plasticidade (IP = 20 - 25%) Mínima quantidade de CaCO ₃ e matéria orgânica (ver 1) Facilidade de defloculação Revestimento poroso
Revestimento poroso	3	Quantidade média de carbonatos (7 -15%) Baixa proporção de quartzo Plasticidade intermediária (IP = 15 - 20%) Mínima quantidade de matéria orgânica (ver 1)
	4	Elevada quantidade de carbonatos (20 -30%) Alta plasticidade (IP = 20 25%) Mínima quantidade de matéria orgânica (ver 1)

*DTP: Distribuição de Tamanho de Partícula.

**IP: Índice de Plasticidade segundo Atterberg.

Escardino, A.; Enrique, J.E.; Ramos, E. - *Estudio del comportamiento de algunas arcillas más utilizadas por la industria azulejera de la provincia de Castellón*. Millars, III, 5 - 26, 1976 [1]

2. Enrique, J.E.; Amoros, J.L. - *Materias primas para la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámico*. Técnica Cerámica, 91, 119 - 130, 1981.
3. Bastida, J.; Beltran, V. - *Arcillas cerámicas de la provincia de Valencia*. Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr., 25 (4), 231 - 235, 1986
4. Beltran, V.; Bagan, V.; Sanchez, E.; Negre, F. - *Características técnicas de las arcillas utilizadas para la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos en pasta roja*. Técnica Cerámica, 164, 280 -287, 1988.
5. Sanchez, E.; Garcia, J.; Sanz, V.; Ochandio, E. - *Raw selection criteria for the production of floor and wall tiles*. Tile Brick Int., 6 (4), 15 - 21, 1990.
6. Beltran, V.; Bagan, V.; Monfort, E.; Blasco, A. - *Problemática actual del consumo de arcillas rojas en la Comunidad Valenciana*. Técnica Cerámica, 164, 288 - 293, 1988
- 7.

- Enrique, J.E.; Monzo, M.; De la Torre, J. - *Defectos debidos a impurezas*. Técnica Cerámica, 155, 322 - 332, 1987
8. Amoros, J.L.; Beltran, V.; Blasco, A. - *Defectos de fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos*. AICE: Castellón, 1991.
 9. Amoros, J.L.; Blasco, A.; Enrique, J.E.; Negre, F. - *Características de polvos cerámicos para prensado*. Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr., 26 (1), 31 - 37, 1987.
 10. Amoros, J.L.; Bagan, V.; Orts, M.J.; Escardino, A. - *La operación de prensado en la fabricación de pavimentos por monococción. I. Influencia de la naturaleza del polvo de prensas sobre las propiedades de las piezas en crudo*. Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr., 27 (5), 273 - 282, 1988.
 11. Amoros, J.L.; Escardino, A.; Sanchez, E.; Zaera, F. - *Stabilità delle dimensioni nelle piastrelle porose monocotte*. Ceram. Informazione, 324, 56 - 67, 1993.
 12. Orts, M. J.; Escardino, A.; Amoros, J. L.; Negre, F. - *Microstructural changes during the firing of stone-ware floor tiles*. Applied Clay Sci., 8 (2/3), 193 -205, 1993.
 13. Orts, M. J. - *Sinterización de piezas de pavimento gresificado*. Valencia: Universidad de Valencia, 1991. Tesis doctoral
 14. Amoros, J. L.; Beltrán, V.; Blasco, A.; Feliu, C.; Sanchotello, M. - *Técnicas experimentales del control de la compactación de pavimentos y revestimientos cerámicos*. Técnica Cerámica, 116, 1234 - 1246, 1983.
 15. *Brick and tile making*. Bender, W.; editor. Bauverlag. Wiesbaden, 1982, Chap. 8, Storage of raw materials, p. 115 - 150.
 16. Whittemore, W. - *Raw material stockpiling techniques*. Am. Ceram. Soc. bull. 73 (6), 60 - 62, 1994.
 17. Fugmann, K.G. - *How to produce tiles. Sequence 1: raw materials and raw material storage*. Interbrick 5 (2), 30 - 33, 1989.
 18. Gari, J.M. - *Almacenes homogeneizadores o pudrideros. Automatización con draga (I)*. Técnica Cerámica, 205, 484 - 492, 1992.
 19. Beltran, V.; Blasco, A.; Escardino, A.; Negre, F. - *Formation of black core during the firing of floor and wall tiles*. Intercler, 37 (3), 15 - 21, 1988.
 20. Monzo, M.; Enrique, J. E.; De la Torre, J. - *Defectos de los productos de monococción (II) defectos de la composición y preparación de la pasta*. Técnica Cerámica, 165, 328 - 334, 1988.
 21. Monzo, M.; Enrique, J. E. De la Torre, J.; Amoros, J. L. - *Defectos de los productos de monococción (V). Defectos producidos en la cocción*. Técnica Cerámica, 170, 18 -27, 1989.
 22. Amoros, J. L.; Blasco, A.; BeltraN, V.; Negre, F.; Arrebola, C. - *Pastas de gres de monococción. Influencia de las variables del proceso en la calidad del producto acabado*. Técnica Cerámica, 120, 1368 - 1384, 1984.
 23. Negre, F.; Moreno, A.; Sanchez, E.; Gimenez, S.; Barba, A. - *Factores que influyen sobre la variabilidad de la tonalidad de baldosas cerámicas*. XXXIV Congreso Anual de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, L'Alcora (Castellón), 14 - 17 Septiembre de 1994.
 24. *Clay storage systems to increase product quality*. Ceram. Industries Int., 104 (1104), 14 - 18, 1994.
 25. Gari, J.M. - *Almacenes homogeneizadores o pudrideros. Automatización con draga (II)*. Técnica Cerámica, 206, 611 - 617, 1992.